

Sonderdruck: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Saarbrücken 1973.
ÖKOLOGIE IN DER SEKUNDARSTUFE II.

**EXPERIMENTELLE, TEILPROGRAMMIERTE KONZEPTE UND
DEREN ÜBERTRAGBARKEIT AUF DIE SEKUNDARSTUFE I.**

H. EHLERS & E. NOLL

Abstract

It is shown in this essay, that the Biological-Curriculum "Umweltgefährdung und Umweltschutz, 1973" has been built up in 14 factual steps, which are partly programmed. This programme is for the sixth form (Sekundarstufe II). It is demonstrated that limnological themes lend themselves particularly well to ecological projects. For this range of themes many classroom experiments (Modellversuche) have been developed. It is also shown which aims, methods, experiments and practical applications can be adapted to use in the middle school (Sekundarstufe I, Jahrgangsklasse 9/10).

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit zeigt, wie durch lernzielorientierte und programmierte ökologische Konzepte limnologische Untersuchungen der Sekundarstufe II auch in den Jahrgangsstufen 9/10 durchgeführt werden können. Gleichzeitig wird begründet, inwiefern gerade limnische Untersuchungen, z.B. eines Sees, besonders für ökologische Arbeiten geeignet sind.

Diesen Ausführungen liegt das Werk "Umweltgefährdung und Umweltschutz – Experimentelle Erarbeitung der Ökologie eines Gewässers" (EHLERS, KUHLMANN, NOLL, NOLL 1973) zugrunde. Es handelt sich dabei um Anleitungen, die sowohl für den Schüler der (kursorientierten) Kollegstufe als auch für Biologiestudenten gedacht sind. Die Darstellung ist in drei Teile gegliedert: In die eigentlichen Arbeitsanleitungen für den Kursteilnehmer, die, soweit es sinnvoll erschien, teilprogrammiert angelegt wurden, und in die Testbögen. Die beiden letztgenannten sind zu einem Block zusammengefasst. Hinzu kommt ein ausführliches Lehrerheft mit einführenden Überlegungen, einem Zeitplan, Hinweisen zu den einzelnen 13 Unterrichtseinheiten, Begriffserklärungen und einem ausführlichen Literaturverzeichnis zur weiterführenden Bearbeitung der verschiedenen Themen. Ein Lösungsschlüssel zu den Aufgaben und Tests ermöglicht darüber hinaus eine leichte übersichtliche Kontrolle.

Dem ganzen Projekt, das als Teilcurriculum zu verstehen ist, liegt die heute in der Curriculum-Arbeit verfolgte Idee der Lernzielbestimmung zugrunde. Der Beginn der Arbeit wurde bestimmt von den allgemeinen Lernzielen für das Bildungswesen, für die Studienstufe und die Naturwissenschaften. Von besonderer Bedeutung aber sind die fachspezifischen Lernziele für Biologie, wie a) die Fähigkeit zur selbständigen Anwendung naturwissenschaftlicher Methoden bei der Erfassung des Lebendigen und b) die Fähigkeit zum Erkennen und Begründen der Grenzen der Erfassung des Lebendigen allein mit physikalisch-chemischen Methoden im Unterschied zur unbelebten Natur.

Für das Projekt hiess dies, zunächst naturwissenschaftlich-sachspezifisch relevante Fragen vom Kursteilnehmer selbst formulieren zu lassen, dazu Lösungshypothesen

aufzustellen, die dann anhand der vorgegebenen Arbeitsanleitungen durch Messungen und eigenständige Beobachtungen methodisch richtig zu überprüfen sind. Die dabei gewonnene Sach- und Methodenkenntnis ist auch in anderem Zusammenhang anzuwenden, so dass das Prinzip des allgemeinen Transfers verfolgt wird.

Das spezifische Vorgehen sei an konkreten Unterrichtseinheiten verdeutlicht. Bedingt durch den lernpsychologischen und sachlogischen Aufbau kommt der Unterrichtseinheit I besondere Bedeutung zu. Es handelt sich dabei um eine Exkursion an ein Gewässer (Parkteich, See oder Fluss), das sauber oder leicht verschmutzt sein kann. Entscheidend ist, dass während der Exkursion bereits wichtige experimentelle Arbeiten und unterschiedliche Methoden angeschnitten werden, mit dem Ziel:

1. eine sachliche Motivation für das Gesamtprojekt hervorzurufen. Darüber hinaus wird aber auch erwartet, dass sich
2. der Wunsch nach genauerer Überprüfung dieser ersten Ergebnisse ergibt. Das heisst also, exaktes experimentelles Vorgehen soll angestrebt und
3. die zunächst angewendeten Methoden kritisch reflektiert werden.
4. Nach den ersten orientierenden Untersuchungen während der Exkursion sollen die sich daraus ergebenden Fragen und Probleme formuliert und
5. dazu mögliche Lösungsvorschläge erarbeitet werden. Im Zusammenhang damit kann von den Kursteilnehmern selbst ein Konzept für das weitere Vorgehen aufgestellt werden.

Dies Programm sollte mit dem konkret Vorgegebenen verglichen und eventuelle Abänderungen dementsprechend diskutiert werden. Die Einzeluntersuchungen, die gruppenteilig mit nachfolgender Demonstration der Ergebnisse und Verfahren durch jede Gruppe vorgenommen werden, sind zu protokollieren. Dazu wurde ein Protokollmuster erstellt, das in seiner Anordnung absichtlich zusammengedrängt ist, damit die Teilnehmer zu einer eigenen Anlage und Überarbeitung gezwungen werden.

Die Einzeluntersuchungen: Messung der Wassertemperatur, des pH-Wertes, die H_2S -Kontrolle und eine Ammoniakprüfung werden an der Wasserprobe vorgenommen, die in tieferen Gewässern mit der Meyer'schen Schöpfflasche, in flachen dagegen mit einem speziellen Gerät entnommen wird. Die Meyer'sche Schöpfflasche kann ebenso wie dieses Entnahmegesetz leicht mit Glasgeräten, die selbst jede Schule zur Verfügung hat, gebaut werden.

Beim Schwefel-Wasserstoff-Nachweis kann man sich entweder mit der Geruchprobe begnügen oder aber H_2S mit Bleiacetatpapier nachprüfen. Der pH-Wert sollte in jedem Fall nicht mit dem herkömmlichen pH-Papier, sondern mit Neutralit- oder Acelitstäbchen durchgeführt werden. Bei der Verwendung von pH-Papier wird ein zu niedriger Wert ermittelt, weil das Wasser zu wenig gepuffert ist. Selbst Neutralitstäbchen geben im allgemeinen noch nicht den richtigen Wert an. Diesen könnte man exakt nur mit dem Potentiometer ermitteln. Ammoniak oder Ammoniumverbindungen sind mit 5 Tropfen Nessler's Reagenz und 10 Tropfen Seignettesalzlösung nachzuweisen. Eine gelbliche bis braune Färbung zeigt die Anwesenheit von Ammoniumionen an. Die Sichttiefenmessung ist in Ermangelung einer Secchi-Scheibe mit einem weissen Blechteller an einer Schnur durchführbar. Unbedingt notwendig ist eine orientierende O_2 - und CO_2 -Messung, wenn möglich, sowohl in Bodennähe als auch an der Oberfläche. Es sei kurz auf die Methode eingegangen:

1. O_2 -Bestimmung:

Zu 100 ml Probenwasser werden mit zwei getrennten Pipetten 0,5 ml Mangan-II-Chlorid und 0,5 ml Kaliumjodid-haltige Natronlauge eingefüllt und die Gefässe gewendet. Ein Farbvergleich ermöglicht erste Aussagen.

2. CO_2 -Bestimmung:

Zu 200 ml Probenwasser werden 0,5 ml Phenolphthalein und tropfenweise 0,02 n Natronlauge hinzugegeben, bis sich nach Umschwenken der Sauerstoffflasche eine Rosafärbung ergibt, die wenigstens zwei Minuten bestehen bleibt. Ein Tropfen entspricht 0,033 ml, 1 ml verbrauchte Natronlauge entspricht 4,4 mg/l CO₂. Obwohl dieser Messung Ungenauigkeiten anhaften, ist sie doch wegen ihrer einfachen Handhabung während der Exkursion empfehlenswert.

Entscheidend ist die orientierende Untersuchung zur Besiedlung des Gewässers mit Organismen. Es sind sowohl die Rahmenbedingungen (d.h. der Uferbewuchs), das Plankton und die an Steinen und Pfählen lebenden Organismen zu beobachten. In der Studienstufe ist es angebracht, die lebenden und fixierten Planktonfänge erst im Kursraum weiter zu bestimmen. Gleiches gilt für die Aufwuchs- bzw. Benthos-Organismen.

Im Anschluss an diese Darlegung ist zu fragen, welche Teile des Programmes bzw. der Einzeluntersuchungen und Versuche auf die Sekundarstufe I übertragen werden können.

Im Zusammenhang mit der Neuordnung der Sekundarstufe I in einigen Bundesländern ist die Frage einer sinnvollen Kursgestaltung in den Klassen 9 und 10 derzeit sehr aktuell. Es soll sich weder um einen Nachhilfekurs noch um einen Ersatz für den normalen Unterricht handeln. Das bedeutet aber, etwas Neues, Vertiefendes, Erweiterendes, aber auch auf das Zukünftige hinweisende durchzuführen. Der Vorteil der differenzierten Mittelstufe liegt nun gerade in diesen Möglichkeiten, die besonders gut genutzt werden, wenn auch das methodisch-handwerkliche, das für diese Entwicklungszeit noch typisch ist, gefördert wird. Für den Biologieunterricht bedeutet das, charakteristische Methoden vorzuführen, zu lehren und anwenden zu lassen. Es bietet sich die allgemeine Mikroskopier- und Zeichentechnik ebenso an, wie die Durchführung und Protokollierung einfacher physiologischer Versuche. Ebenso sollte die Sammeltätigkeit in einen wissenschaftlich geordneten Rahmen gestellt werden. Oftmals aber wird vergessen, dass auch die wissenschaftliche Dokumentation schon vorbereitet werden kann. Damit ist mehr als das Protokollieren oder Zeichnen gemeint, auch das Fotografieren und die Gesamtdarstellung bestimmter Ergebnisse, nicht in einer theoretischen Abhandlung, sondern z.B. in einer Ausstellung, sind vorbereitende Dokumentationstechniken.

Entweder stellt man die Einzeltechniken in den Vordergrund und nimmt dann ihre Anwendung an einem ökologischen Beispiel vor, oder aber anhand der Untersuchung eines Biotops werden alle hierbei notwendigen Methoden schrittweise erlernt und angewendet. Im zweiten Fall bleibt, das sei als Vorteil genannt, über eine lange Zeit die Motivation erhalten, andererseits setzt es arbeitsfreudige, disziplinierte und schon im Arbeitsunterricht geübte Schüler voraus.

Es wird jeder selbst von Fall zu Fall entscheiden müssen, welchen Weg er für den richtigeren ansieht und wählt. Man wird sich nach einem Lebensraum umsehen müssen, der für die ökologischen Untersuchungen geeignet ist. Es bieten sich an: das Getreidefeld, das unseres Erachtens nach ausscheidet, weil es sich um ein nicht natürliches Gefüge handelt, dessen Durchdringung sehr schwierig ist. Die Behandlung von Standortgemeinschaften, wie sie SIEDENTOP (1968) vorschlägt, bietet ebenso wie die von DYLLA/KRÄTZNER (1972) angebotene Walduntersuchung wenig experimentelle Möglichkeiten. Gleiches gilt für Heckenuntersuchungen. Hinzu kommt leider, oft durch falsche Grundlegung, dass unter den meisten Schülern eine Pflanzenkunde-Müdigkeit, die bis zum Desinteresse reichen kann, herrscht.

Damit sind allein pflanzensoziologische Untersuchungen nur wenig ergiebig und auch die tiersoziologischen Aspekte der Landbiocoenosen aus mangelnden Kenntnissen der Schüler schwer zu erfassen. Bei limnologischen Themen ergibt sich dagegen eine echte Durchdringung. Die vorhandenen Schwierigkeiten werden durch die besonders grosse Motivation überwunden. Zudem liegen im limnischen Bereich gute Möglichkeiten der Messbarkeit vor.

Bei der Umarbeitung des Projektes auf die Jahrgangsstufe 9/10 muss von geringen Voraussetzungen ausgegangen werden. Deshalb wird es sich weniger um wissenschaftspropädeutisches als um wissenschafts- und methodeneinführendes Arbeiten handeln. Die Untersuchung sollte mit einer Darstellung der Gesamtergebnisse enden.

Von entscheidender Bedeutung für das Gesamtvorhaben ist die Motivation. Diese Aufgabe erfüllt die Exkursion, sie muss also wieder am Anfang stehen. Im Gegensatz zum Kurs in der Sekundarstufe II ist (1.) von einer Vorbereitung der Exkursion durch die Schüler, indem über mögliche Untersuchungen gesprochen wird, praktizierte Verfahren angeschnitten und Materialien zusammengestellt werden, in der Sekundarstufe I unbedingt abzurufen. Man sollte erst an Ort und Stelle über die Aufteilung nach Arbeitsgruppen bei verschiedenen Themen sprechen. Können bei älteren Kursteilnehmern die Arbeitsgruppen grösser sein, so ist hier dagegen streng darauf zu achten, dass höchstens drei, besser sogar nur zwei Schüler einen Fragenkreis bearbeiten. Im anderen Fall ist die Ablenkung zu gross. Gleichzeitig aber reicht es nicht aus, nur eine Gruppe mit einem Themenkreis zu beauftragen. Es ist zur Kontrolle, aber auch aus Gründen des Wettbewerbsgeistes besser, von zwei oder drei Gruppen das gleiche Thema bearbeiten zu lassen (2.).

Es bietet sich an, zweimal vier Gruppen zu bilden:

1. Topographie und physikalische Gegebenheiten:

Lageskizze des zu untersuchenden Gewässers mit Zu- und Abflüssen, Wasserbewegung, Wassertemperatur, Tiefen- und Sichttiefenmessungen.

2. Chemische Arbeitsgruppe: O_2 -, CO_2 -, Ammoniak-, pH- und Gesamthärtebestimmungen.

3. Ufervegetation.

4. Besiedlung des Gewässers selbst.

Aus dieser Aufzählung ist eine Verschiebung der Schwerpunkte zu erkennen. Topographie und physikalische Gegebenheiten sollen im ersten Fall nur die Gesamtanalyse ergänzen, während sie hier (3.) wegen der guten Einführungsmöglichkeit in den Untersuchungsraum als Ganzes, in die Protokoll- und Dokumentationstechnik besonders wichtig sind. Die chemischen Untersuchungen, so gern die Schüler sich zur Verfügung stellen, müssen vereinfacht werden. Dies ist die vierte (4.) Veränderung im Vergleich zum Oberstufenprogramm. Die gewonnenen chemischen Werte haben zu diesem Zeitpunkt für die Schüler an sich noch keinen Aussagewert, weil viele der Zusammenhänge im Biotop noch unbekannt sind. Deshalb sollte man es bei der H_2S -Kontrolle mit einer Geruchsprobe bewenden lassen. Auch die pH-Wert-Messung erlaubt zur Zeit der Exkursion keine weitere Folgerung, als dass es sich um saures, weniger saures oder ein basisches Gewässer handelt. Über die Bedeutung für die Lebewesen werden Aquarianer unter den Schülern erste Hinweise geben können. Die Ammoniakprüfung ist, um auch später die Frage der Zersetzung zu erklären, durchzuführen wie oben angegeben. Bei der Verwendung aller Reagenzien ist auf eine einfache Handhabung zu achten. Bei der Mitnahme von Glasgeräten sollte man sich auf ein Minimum beschränken. Die Reagenzien können in etikettier-

ren Plastikflaschen transportiert werden. Für weniger geübte Schüler ist eine sichere Beschriftung zu wählen, aus der auch das Verfahren zu ersehen ist. Allerdings bietet sich für die O₂-Bestimmung zur Vereinfachung auch die HOFER-Methode (HOFER, 1973) an:

Testlösung A zur
Sauerstoff-Bestimmung
0,5 ml

Testlösung B zur
Sauerstoff-Bestimmung
0,5 ml

Weil diese Versuche nicht vorbereitet sind, muss eine detaillierte, schriftliche Anweisung jedem Schüler in die Hand gegeben werden. Auf diesen Anweisungen müssen auch zur Auswertung notwendige Farbvergleiche genannt sein. Es sollten aber im Vordergrund pauschale Mengenangaben (wenig, mittel oder viel) stehen, in Klammern allerdings auch die genaueren Werte.

Damit ist wohl deutlich geworden, dass diese vier notwendigen Veränderungen im Vergleich zum Programm der Sekundarstufe II zu keinen wesentlichen Ungenauigkeiten führen. Sie stellen allein methodische Vereinfachungen dar. Die bedeutendste Schwerpunktverschiebung (5.) liegt im Bereich der Untersuchung der Organismen.

Im Gegensatz zum ersten Konzept wird die Ufervegetation hier besonders stark betont. Dies deshalb, weil es sinnvoll erscheint, vom Anschaulichen auszugehen. Die Möglichkeit pflanzensoziologischer Untersuchungen sollte wegen der Erfassbarkeit der Untersuchungsmethode in dieser Altersstufe an einer Stelle aufgezeigt werden, nachdem eine grobe Skizze des gesamten randlichen Bewuchses erstellt worden ist. Diejenigen, die die Lebewesen des Gewässers selbst untersuchen, sollten auch erst die Steine absammeln und dann das Plankton mit Wurf- oder Stocknetzen fangen. Um die Begeisterung des Augenblicks zu nutzen, ist es angezeigt, eine erste Bestimmung am Untersuchungsort durchzuführen. Die Ergebnisse sind von jeder Gruppe in einem vorgegebenen, detaillierten Protokoll festzuhalten. Die Vertiefung und die Klärung der Zusammenhänge bleibt den folgenden Einheiten im Kursraum vorbehalten.

Vergleichend mit dem Kursprogramm der Studienstufe sind die Lernziele für die Exkursion die gleichen geblieben, nicht aber die Dimensionen, in denen sie verfolgt werden.

Zur weiteren Erarbeitung, die nicht allein im theoretischen Bereich erfolgen kann, bietet sich die schon oben genannte Form der Dokumentation an: die Ausstellung im Schaukasten (6.). Diese Ausstellung kann mit einem der besten Protokolle bzw. Zeichnungen zur Topographie, der Ufervegetation und der Vorweisung bestimmter Funde beginnen und dann schrittweise mit jeder weiteren Untersuchung vervollständigt werden. Damit wird auch eine weitere Anregung zum kontinuierlichen Arbeiten gegeben und am Ende ist für alle ein unfassendes Ergebnis sichtbar.

Nach diesem ausführlichen Beispiel der Übertragungsmöglichkeit ökologischer Konzepte sei im folgenden nur auf die neu entworfenen Modellversuche und auf die Zielsetzung der Unterrichtseinheiten eingegangen und deren Übertragbarkeit geprüft.

Auf die kreative Mitarbeit des Kursteilnehmers wird besonderer Wert gelegt. In der "Allgemeinen Grundidee" werden zu Beginn jeder Unterrichtseinheit die jeweiligen naturwissenschaftlichen Methoden, die fachspezifischen Begriffe und Gesetzmässigkeiten dem Kursteilnehmer vorgestellt. Mit ihrer Hilfe soll dann das "Spezielle Problem" – ein thematischer und methodischer Teilbereich – gelöst werden. An den Stellen, wo es sinnvoll erscheint, werden vom Kursteilnehmer erste Lösungsvorschläge und Versuchsentwürfe erwartet. Die Erarbeitung, so wie sie in den Arbeitsanleitungen zu finden ist, geht schrittweise mit Rückkoppelung vor, so dass man von einer teilweisen Programmierung sprechen kann. Das Ziel ist es, damit auf die Zusammenhänge der jeweiligen Handhabungen aufmerksam zu machen, ihre theoretische Grundlegung klar abzugrenzen und immer wieder die Übertragungsmöglichkeiten auf das eigentliche Ökosystem zu unterstreichen.

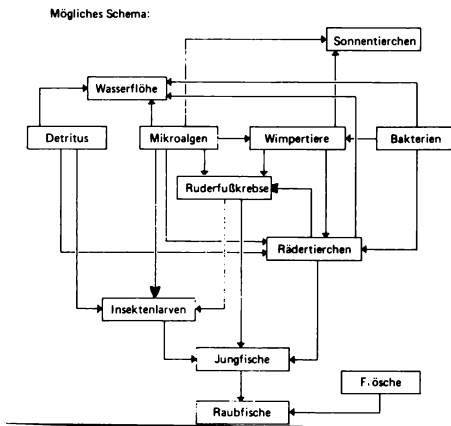
Grundsätzlich kann dieses methodische Vorgehen der Teilprogrammierung auch in der 9. und 10. Klasse angewendet werden. Allerdings ist in keinem Fall die Ableitung des "Speziellen Problems" aus der "Allgemeinen Grundidee" möglich. Dies wäre ein zu hohes Abstraktionsniveau, das jede Motivation im Keim erstickt. Das Vorgehen ist vielmehr gerade umgekehrt: Durchführung des Versuchs, Erklärung der Einzelschritte und des Zusammenhangs und anschliessende theoretische Überhöhung dadurch, dass aus dem Beobachteten die Allgemeinregeln und Prinzipien abgeleitet werden.

Auch mit diesem Vorgehen ändern sich viele der Lernziele nicht, nur die Tiefe ihrer Durchdringung. Bleibt lediglich nach der inhaltlichen Strukturierung zu fragen. An die Exkursion schliesst notwendigerweise die Feinbestimmung der im Gewässer lebenden Organismen an. Für diese Unterrichtseinheit II wurde ein bebildeter Bestimmungsschlüssel entworfen, der sowohl von 15- bis 16-jährigen als auch von älteren Kursteilnehmern benutzt werden kann. Von beiden Gruppen können auch Zeichnungen solcher Organismen, die noch nicht im Detail bestimmt wurden, erwartet werden. Ebenso wie für das sogenannte Minimalprogramm die qualitative Erfassung und die Massenberechnung fortfallen, ist auch im Mittelstufenkurs keine Zählung vorzunehmen. Um aber doch einen Einblick in die Mengenverteilung zu erhalten, empfiehlt sich die Sedimentation in kalibrierten Röhren oder in Sedimentierkelchen und beim Mikroskopieren eine Häufigkeitsbenennung wie selten, häufig, viel. Während die Nahrungsbeziehungen im Kurs der Sekundarstufe II experimentell durch Darmuntersuchungen durchsichtiger Zooplankter erschlossen werden, bietet sich im Kurs Klasse 9/10 ein Vergleich zu bekannten Nahrungsverhältnissen, z.B. nach DENECKE (1973) an oder aber, indem man solche Abhängigkeiten bei höheren Organismen im Film zeigt. Kann Seeplankton beschafft werden, ist auch in der Sekundarstufe I eine grobe Analyse der Nahrungsverflechtungen – wie Phyto-, Zooplankton, Detritus – anhand der Farben im Darm möglich. Für beide Gruppen ist die zeichnerische Darstellung anhand einer vorgegebenen Tabelle der Nahrungsbeziehungen ohne weiteres möglich (Abb. 1):

Nahrung der verschiedenen Organismen im Pelagial eines Gewässers

Phyllopoda: (Wasserflöhe)	1) im allgemeinen Partikelfresser: Detritus, Bakterien, Mikroalgen. 2) einige sind Raubtiere z.B. Leptodora und Polyphemus: Rädertiere und Kleinkrebse.
Copepoda: (Ruderfusskrebse)	im allgemeinen Kleinstalgen, aber auch Rädertiere, Ciliaten u.a.

- Ciliata: (Wimpertiere) Strudler: Vor allem Bakterien und Kleinstalgen.
Schlinger: (z.B. Didinium) andere Ciliaten.
- Heliozoa: (Sonnentierchen) Algen, aber auch Ciliaten und andere Heliozoen.
- Rotatoria: (Rädertiere) 1) i.a. Kleinstalgen, aber auch kleine Einzeller (z.B. Ciliaten).
2) Asplanchna, Synchaeta, Ploeosoma u.a. sind aber Fresser von grösseren Partikeln (Makrophagen, die vor allem andere Rädertiere fressen, Ploeosoma sogar Artgenossen).
3) Bdelloidea vor allem Bakterien und Detritus.
- Insektenlarven: Stechmückenlarven: sind Filtrierer, fressen vorwiegend Kleinstalgen und Detritus.
Chaoboruslarven: räuberisch, vor allem Kleinkrebse (Copepoden) etc.
- Fische: 1) Raubfische (z.B. Hecht): fressen andere Fische, Frösche, Wasservögel usw., Barsch z.B. frisst aber auch Fischlaich.
2) Jungfische: zunächst Rädertiere und vor allem Kleinkrebse, später auch Zuckmückenlarven etc.
3) Kleintierfresser (z.B. Rotfeder): Insekten, Würmer, Schnecken, aber auch Algen und andere Wasserpflanzen in unterschiedlichen Mengenverhältnissen, oft auch Fischlaich. Die meisten hierher gehörenden Fischarten könnte man noch besser als Gemischtkostfresser bezeichnen.



Eine praktische Einübung der Titration ist in der Mittelstufe im allgemeinen noch nicht möglich. Es kommt nur darauf an, den Kern der Unterrichtseinheit IV C exakt zu erarbeiten. Die hierfür entworfenen Modellversuche sind in besonderer Weise geeignet, daraus Photosynthese und Atmung als eigentliche Stoffwechselfvorgänge, sofern sie noch nicht bekannt sind, praktisch und in ihrer Verflechtung abzuleiten. Planktonproben und eine Kontrolle ohne Plankton werden bei verschiedenen Belichtungen (hell, 1/10tel, 1/100stel Helligkeit, dunkel) exponiert. Nach ein bis zwei Stunden sind die O_2 - und CO_2 -Veränderungen zu messen und zu protokollieren. Im Kurs Klasse 9/10 reicht eine vereinfachte Ermittlung aus (s.o.). Auf die Zusammenhänge zwischen Lichtverhältnis und Planktonproduktion sollte man in diesem Zusammenhang im Mittelstufenkurs hinweisen, sie aber nicht in einer eigenen Unter-

richtseinheit wie in der Sekundarstufe II theoretisch ableiten. Auch die VI. Einheit über Temperatur und Wasserzirkulation kann voll übernommen werden. Aus der Exposition einer Algenkultur in verschiedenen Nährlösungen bzw. einer Artemiakultur oder Daphniakultur bei unterschiedlichen Temperaturen und verschiedenem Nahrungsangebot kann die Abhängigkeit der Vermehrung der Lebewesen von äusseren Bedingungen erschlossen werden (UE VII). Es eignen sich in jedem Fall auch hierfür, mit den Einschränkungen des methodischen Vorgehens, die Modellversuche des Sekundarstufenkurses für die Mittelstufe.

Beim Destruenten-Problem kann auf die Veränderungen, die sich dadurch im Gasstoffwechsel ergeben, verzichtet werden. Es ist entscheidender, die Gesamtkeimzahl des untersuchten Seewassers festzustellen, indem man nach der Methode des vorliegenden Kursprogrammes in eine mit Nährboden gefüllte Petrischale 0,1 ml Teichwasser gibt, es 48 Stunden lang dunkel stellt und dann die Bakterienkolonien auszählt. Gleichfalls kann man die Anreicherung an organischen Nährstoffen in Demonstrationsversuchen vorstellen und auswerten lassen.

Mit diesen Unterrichtseinheiten sind alle im Gewässer herrschenden Beziehungen experimentell erfasst und theoretisch begründet worden. Abgerundet wird diese Analyse der Biocoenose durch die Ausstellung, die um Planktonlisten, Fotos von Planktern, den O_2 -, CO_2 -Kurven und den Gesamtkeimzahlen sowie um ein zusammenhängendes Schema aus einer anschliessenden Zwischenwiederholung erweitert worden ist.

Es bleibt zu überlegen, ob die Beeinflussung des Ökosystems durch bestimmte Umweltgifte auch in der 9./10. Jahrgangsstufe durchgeführt werden soll. Dies wäre eher eine methodische Überlegung, während von der Sache her die Versuche ohne weiteres auch in der Sekundarstufe I auszuführen sind. Auf die Speicherung von DDT in Algen muss allerdings als Schülerexperiment verzichtet werden, der Ansatz ist vom Kursleiter durchzuführen. Ein theoretischer Rückgriff auf die Nahrungskette kann angeschlossen werden. Die Wirkung von Waschpulver auf Artemien als Vertreter tierischer Organismen ist ebenso durchführbar, wie die Feststellung, dass Öl auch in geruchlicher Hinsicht ein Umweltgift ist. Das Problem allerdings der Eutrophierung und die Selbstreinigung eines Flusses sollte man in der Sekundarstufe I fortfallen lassen. Eine vereinfachte Übertragung der Thematik auf allgemeine Umweltprobleme kann angeschlossen werden.

Abschliessend ist festzustellen, dass sich die Ökologie eines Gewässers nicht nur im Freien, sondern genau so gut im Kursraum erarbeiten lässt, indem man Modellversuche mit Rückgriff auf das eigentliche Ökosystem durchführt. Dadurch ist die Schwierigkeit aller ökologischen Arbeiten, an einen ganz konkreten, oft entfernten Unterrichtsraum gebunden zu sein, aufgehoben. Es bietet sich andererseits aber gerade der See als ein ideales Untersuchungsobjekt an, weil hierzu viele solcher Modellversuche möglich sind. Wie dargestellt, sind die herrschenden Ökofaktoren und die biocoenotischen Beziehungen ohne weiteres auch von Schülern der Mittelstufe experimentell zu erarbeiten und theoretisch zu begründen. Eine Übertragung ökologischer Programme auf die Sekundarstufe I ist vor allem dann gut gegeben, wenn es sich um teilprogrammierte Arbeitsanleitungen handelt. Abstriche werden lediglich bei der theoretischen Vertiefung und dann notwendig, wenn es sich um spezielle Methoden handelt. Zur Erreichung der in beiden Konzepten ähnlichen Lernziele ist allerdings in der Mittelstufe eine kleinschrittige Programmierung notwendig.

LITERATUR

- DENECKE, W. (1973): Nahrungsketten aus der Sammlung. Prax.d.Naturw., *Biologie*: 49–53.
- DYLLA & KRÄTZNER (1972): Das biologische Gleichgewicht. Heidelberg.
- EHLERS, KUHLMANN, NOLL, NOLL (1973): Umweltgefährdung und Umweltschutz. Hannover.
- HÖLL, K. (1973): Wasseruntersuchung, Bearbeitung, Aufbereitung. Berlin.
- SIEDENTOP, W. (1968): Methodik und Didaktik des Biologie-Unterrichts. Heidelberg.

Anschrift der Verfasser:

EVELYN NOLL, 46 Dortmund, Kirchhorderstr. 17 und
Dr. H. EHLERS, 46 Dortmund, Erzbergerstr. 13.